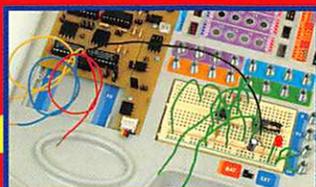
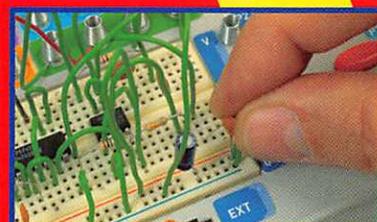
...e costruisci il tuo **LABORATORIO DIGITALE**

6,90 €

50

HARDWARE

DIGITALE DI BASE

MICROCONTROLLER

DIGITALE AVANZATO

TOTALMENTE PROGRAMMABILE!!!

9 771824 363008 41050

Peruzzo & C.

Direttore responsabile:
ALBERTO PERUZZO
Direttore Grandi Opere:
GIORGIO VERCELLINI
Consulenza tecnica e traduzioni:
CONSULCOMP S.n.c.
Pianificazione tecnica
LEONARDO PITTON

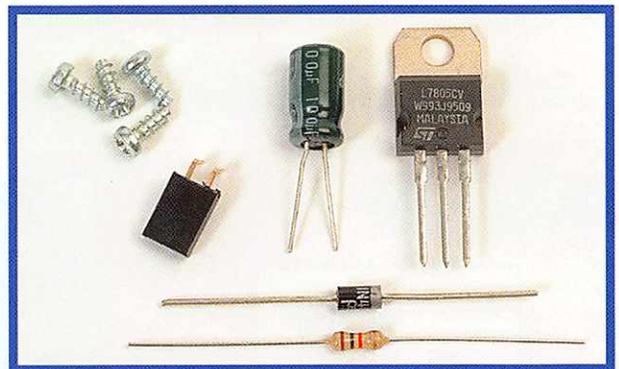
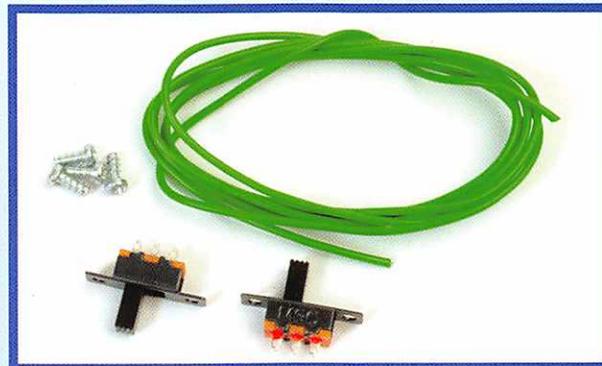
Direzione, Redazione, Amministrazione: viale Ercole Marelli 165, Tel. 02/242021, 20099 Sesto San Giovanni (Mi). Pubblicazione settimanale. Registrazione del Tribunale di Monza n. 1738 del 26/05/2004. Spedizione in abbonamento postale gr. II/70; autorizzazione delle Poste di Milano n. 163464 del 13/2/1963. Stampa: Grafiche Porpora s.r.l., Cernusco S/N (MI). Distribuzione SO.DI.P. S.p.A., Cinisello Balsamo (MI).

"ELETTRONICA DIGITALE"
si compone di
70 fascicoli settimanali
da suddividere
in 2 raccoglitori.

RICHIESTA DI NUMERI ARRETRATI. Per ulteriori informazioni, telefonare dal lunedì al venerdì ore 9.30-12.30 all'ufficio arretrati tel. 02/242021. Se vi mancano dei fascicoli o dei raccoglitori per completare l'opera, e non li trovate presso il vostro edicolante, potrete riceverli a domicilio rivolgendovi direttamente alla casa editrice. Basterà compilare e spedire un bollettino di conto corrente postale a PERUZZO & C. s.r.l., Ufficio Arretrati, viale Marelli 165, 20099 Sesto San Giovanni (MI). Il nostro numero di c/c postale è 42980201. L'importo da versare sarà pari al prezzo dei fascicoli o dei raccoglitori richiesti, più le spese di spedizione € 3,10 per pacco. Qualora il numero dei fascicoli o dei raccoglitori sia tale da superare il prezzo globale di € 25,82 e non superiore a € 51,65, l'invio avverrà per pacco assicurato e le spese di spedizione ammonteranno a € 6,20. La spesa sarà di € 9,81 da € 51,65 a € 103,29; di € 12,39 da € 103,29 a € 154,94; di € 14,98 da € 154,94 a € 206,58; di € 16,53 da € 206,58 in su. Attenzione: ai fascicoli arretrati, trascorse dodici settimane dalla loro distribuzione in edicola, viene applicato un sovrapprezzo di € 0,52, che andrà pertanto aggiunto all'importo da pagare. Non vengono effettuate spedizioni contrassegno. Gli arretrati di fascicoli e raccoglitori saranno disponibili per un anno dal completamento dell'opera. IMPORTANTE: è assolutamente necessario specificare sul bollettino di c/c postale, nello spazio riservato alla causale del versamento, il titolo dell'opera nonché il numero dei fascicoli e dei raccoglitori che volete ricevere.

impara l'elettronica digitale

IN REGALO in questo fascicolo

- 1 Circuito integrato 7805
- 1 Connettore femmina da c.s. a 2 vie a 90°
- 1 Condensatore 100 µF elettrolitico
- 1 Resistenza 1 K 5% 1/4 W
- 1 Diodo 1N4148 o 1N4007
- 4 Viti

IN REGALO nel prossimo fascicolo

- 2 Commutatori
- 1 Filo verde rigido
- 4 Viti

COME RACCOGLIERE E SUDDIVIDERE L'OPERA NELLE 4 SEZIONI

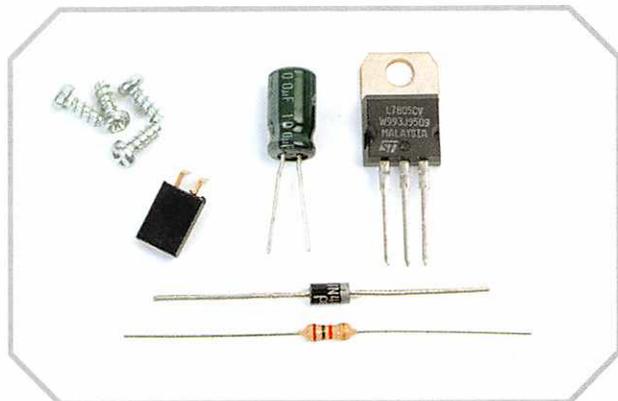
L'Opera è composta da 4 sezioni identificabili dalle fasce colorate, come indicato sotto. Le schede di ciascun fascicolo andranno suddivise nelle sezioni indicate e raccolte nell'apposito raccoglitore, che troverai presto in edicola. Per il momento, ti consigliamo di suddividere le sezioni in altrettante cartellette, in attesa di poterle collocare nel raccoglitore. A prima vista, alcuni numeri di pagina ti potranno sembrare ripetuti o sbagliati. Non è così: ciascuno fa parte di sezioni differenti e rispecchia l'ordine secondo cui raccogliere le schede.
Per eventuali domande di tipo tecnico scrivere al seguente indirizzo e-mail:
elettronicadigitale@microrobots.it

Hardware Montaggio e prove del laboratorio

Digitale di base Esercizi con i circuiti digitali

Digitale avanzato Esercizi con i circuiti sequenziali

Microcontroller Esercizi con i microcontroller

Il regolatore di tensione (II)

Componenti forniti con questo fascicolo.

Circuito stampato con il diodo D1 montato.

Allegati a questo fascicolo vengono forniti i componenti necessari per completare il circuito stampato DG18 e per montarlo nel laboratorio.

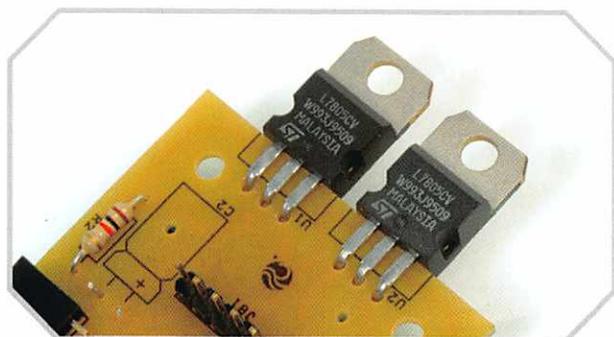
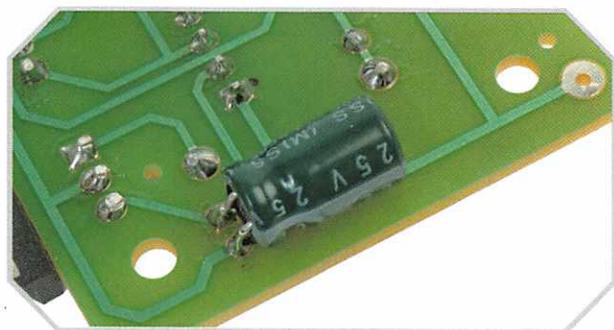
Completeremo il montaggio del circuito stampato DG18, lo collegheremo al circuito DG19 di ingresso dell'alimentazione e lo avviteremo al pannello superiore del laboratorio.

Il diodo

Continuiamo il montaggio dei componenti sul circuito stampato, ricordiamo quindi che il diodo raddrizzatore D1 ha polarità: la banda di colore bianco che circonda il contenitore è rappresentata sulla serigrafia ed è la più vicina al terminale del catodo.

Il regolatore

Il circuito integrato regolatore di tensione si monta come il precedente, dato che è dello stesso tipo, ma prima dovremo conformarne i terminali. La sua aletta metallica non può entrare in contatto con quella dell'altro regolatore.

Schema elettrico di collegamento delle schede DG18 e DG19.

Scheda DG18 con i due regolatori.

Montaggio dei condensatori.

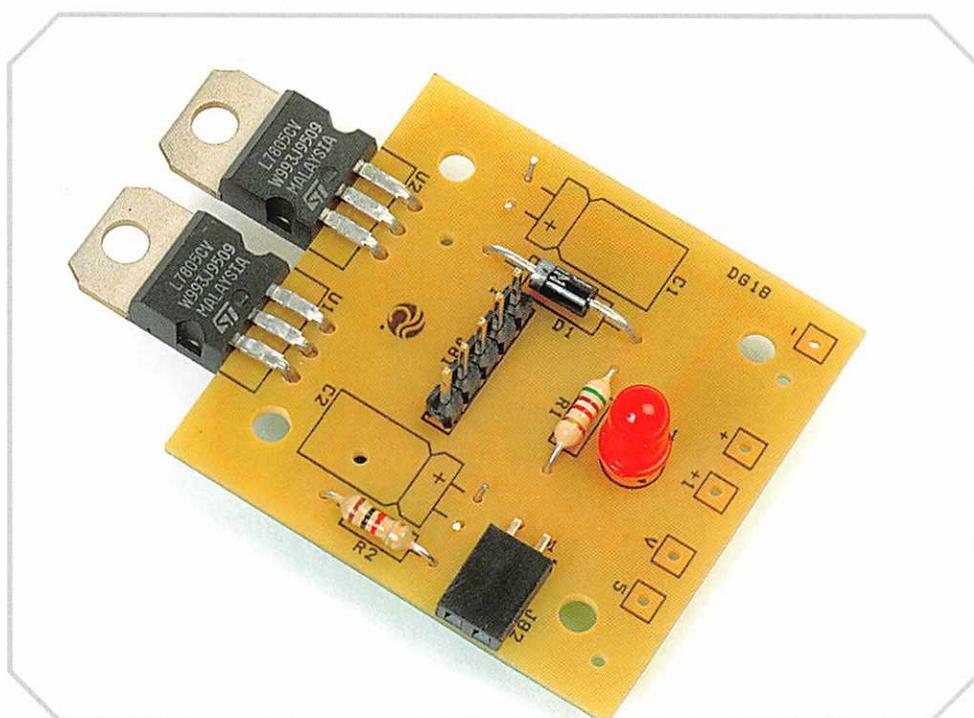
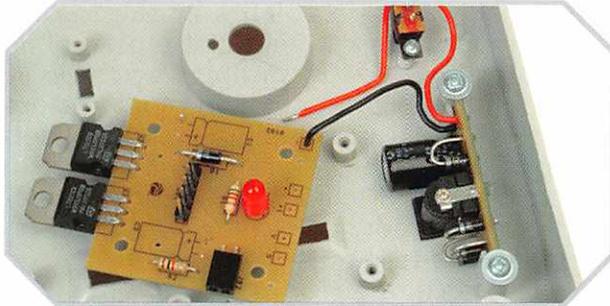
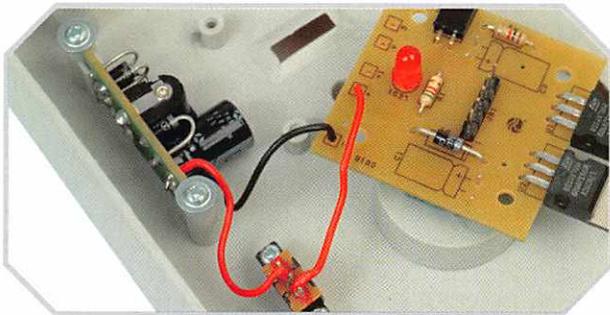
Il condensatore

Il condensatore C1 si monta come il precedente, dal lato delle saldature, tenendo presente la sua polarità: il terminale positivo che gli corrisponde sul circuito è indicato con il segno + stampato sul rame.

Collegamento

Dopo aver montato tutti i componenti sul circuito stampato verificheremo che la scheda si possa installare sul laboratorio, i quattro fori di fissaggio coincidano con le torrette, e il LED e il connettore a cinque vie fuoriescano dalla parte frontale del pannello superiore. Verificheremo che il tutto coincide e inizieremo il collegamento.

Prima sarà necessario scollegare qualsiasi tipo di alimentazione e togliere le pile nel caso fossero inserite. Abbiamo già montato un filo nero sul terminale (-) della scheda DG19, l'altro capo di questo filo si deve collegare sulla scheda DG18 al terminale (-).

Quando salderemo questi fili dovremo tener conto della posizione definitiva della scheda, e prima di saldare il filo seguente dovremmo simulare il suo montaggio per evitare che si possano incrociare.

Scheda DG18 completata.

Il filo nero unisce (-) di DG19 e (-) di DG18.

Il filo rosso unisce POWER ON e (+) di DG18.

Il filo rosso che è stato saldato sul terminale del commutatore POWER ON si salda sul terminale (+) della scheda DG18.

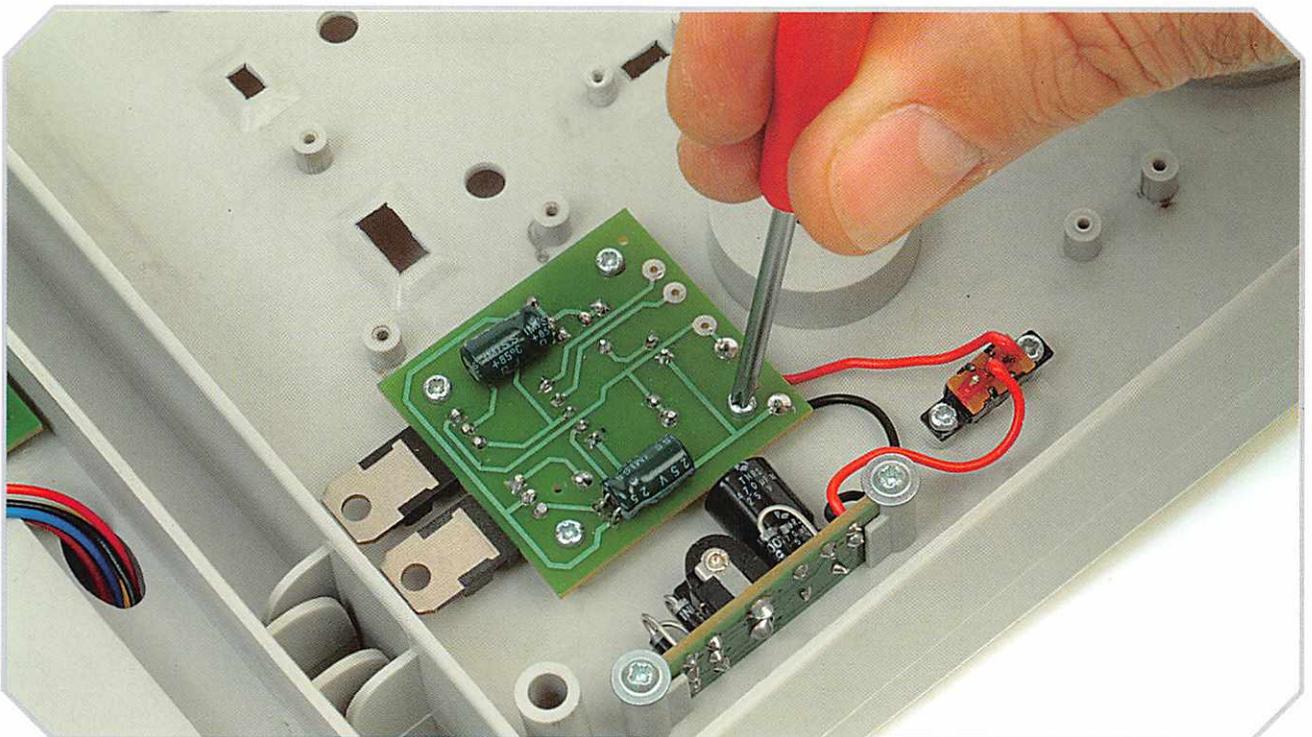
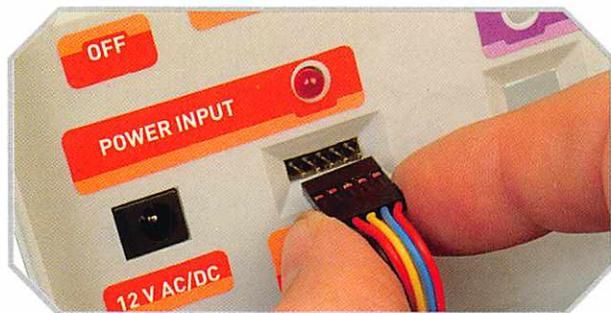
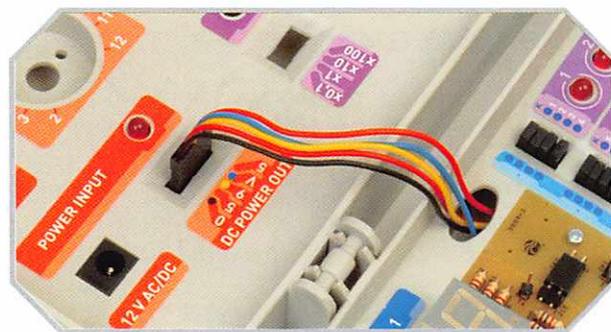
Montaggio

La scheda DG18 si fissa con quattro viti, verificando che il connettore e il LED fuoriescano dall'altro lato. Introdurremo le viti, ma senza far pressione sulla scheda, collegheremo il connettore a cinque vie in modo che sia centrato e inizieremo ad avvitare le viti, evitando di stringere troppo per non rovinare il filetto delle torrette.

Collegamento

Il cavetto di collegamento fra i pannelli è a cinque fili, ha la stessa distribuzione di colori indicata con dei punti colorati sull'adesivo corrispondente a questo connettore. È assolutamente necessario seguire questo ordine, in caso di dubbi si può fare riferimento alle fotografie.

Alimentazione esterna

Nel collegamento esterno dell'alimentazione è necessario utilizzare al massimo un alimen-

La scheda si fissa con quattro viti.

Collegamento dell'alimentazione fra i pannelli.

I colori dei fili devono coincidere con i colori dei punti dell'etichetta.

tatore da 12 Volt, la polarità in questo caso non è importante e la tensione è preferibile alternata piuttosto che continua, perché il circuito di ingresso dispone di un raddrizzatore e di un filtro. Più avanti spiegheremo nel dettaglio le caratteristiche e il modo di utilizzo di questo sistema di alimentazione, per il momento utilizzeremo una continua e alimenteremo solamente le nostre prove.

Questo circuito è progettato per circuiti inferiori a 100 mA, però è molto facile modificarlo per avere a disposizione correnti maggiori, come verrà indicato più avanti.

Alimentazione del pannello superiore

I circuiti situati sul pannello superiore si alimentano tramite il pannello a 5 V, quindi è sufficiente che siano montate le batterie del primo gruppo e il commutatore di alimentazione sia situato in posizione BAT. Se lo portiamo sulla posizione EXT è necessario collegare un alimentatore esterno e azionare il commutatore POWER ON. Se questo alimentatore è azionato e si dispone di alimentazione esterna, il commutatore di alimentazione dovrà essere in posizione EXT, se si colloca in posizione BAT l'alimentazione sarà fornita dalle pile.

Vista generale del laboratorio.

Trasmissione attraverso i liquidi

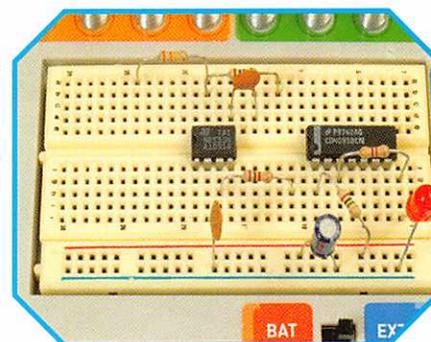
Qualsiasi corpo conduttore si può utilizzare per trasmettere dei dati, attualmente ci sono diversi studi che hanno come scopo la trasmissione dei dati tra differenti dispositivi, utilizzando il corpo umano come trasmettitore.

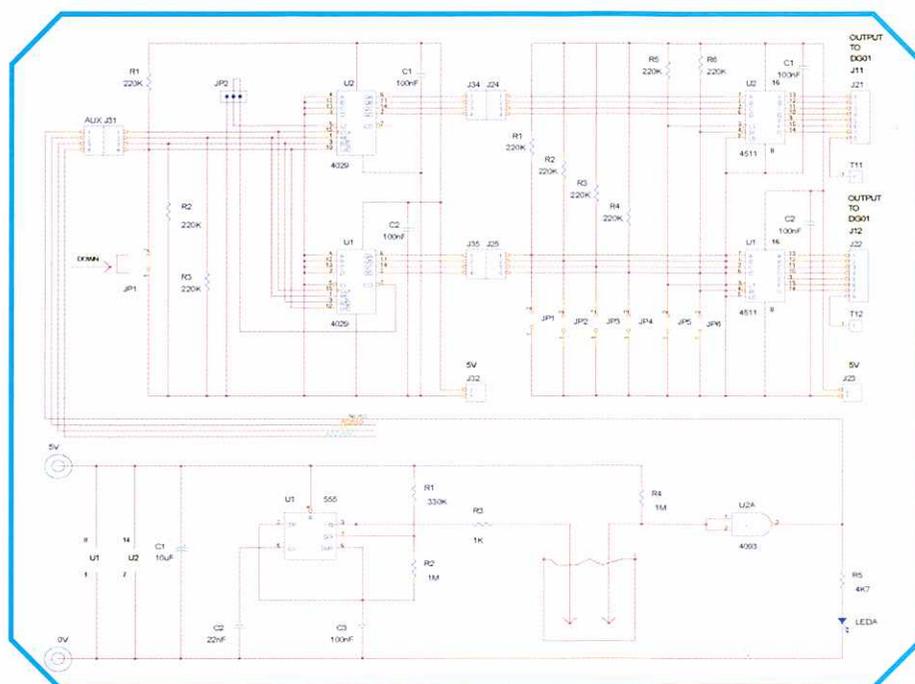
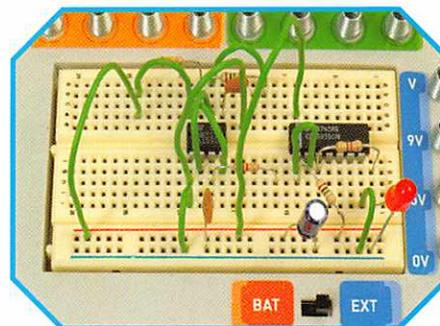
L'esperimento

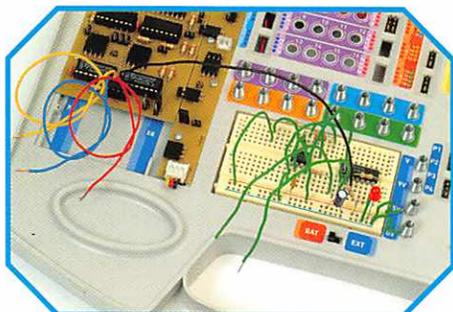
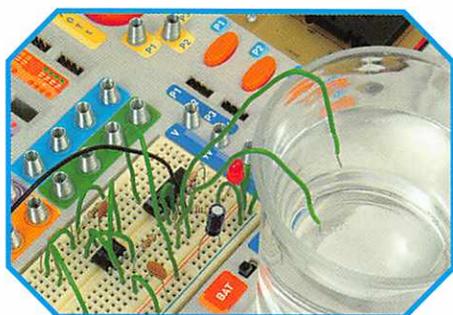
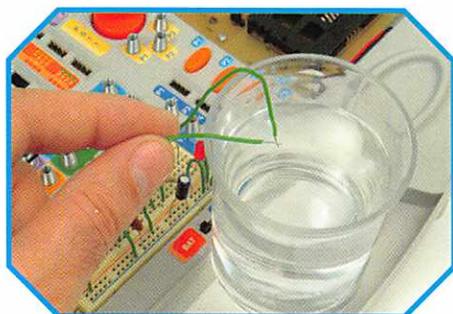
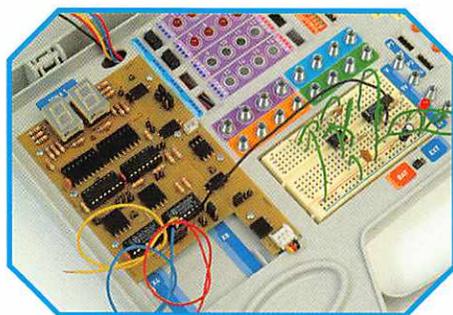
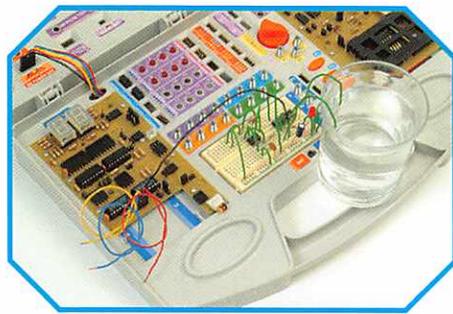
L'esperimento consiste nel trasmettere un segnale a impulsi attraverso l'acqua, la conduttività di quest'ultima dipende dai sali che si trovano disciolti in essa. Per poter verificare che gli impulsi attraversino l'acqua, utilizzeremo un contatore, semplicemente come testimone del rilevamento effettivo degli impulsi, con il quale potremo eseguire la prova senza la necessità di utilizzare strumentazione addizionale. L'esperimento deve funzionare con la normale acqua corrente, perché è sufficiente una minima quantità di sali per raggiungere la conduttività necessaria, grazie anche al fatto che la resistenza di pull-up – R4 – è di un valore molto elevato – 1 M. L'impedenza di ingresso della porta è ancora maggiore.

Il circuito

Il circuito è molto semplice, consistente in un oscillatore astabile costruito con un 555, la cui

Componenti sulla scheda Bread Board.

Scheda Bread Board con il cablaggio interno.

Schema del circuito.

LISTA DEI COMPONENTI

U1	Circuito integrato 555
U2	Circuito integrato 4093
R1	Resistenza 330 K (arancio, arancio, giallo)
R2, R4	Resistenza 1 M (marrone, nero, verde)
R3	Resistenza 1 K (marrone, nero, rosso)
R5	Resistenza 4K7 (giallo, viola, rosso)
C1	Condensatore 10 µF elettrolitico
C2	Condensatore 22 nF
C3	Condensatore 100 nF
LED A	Diodo LED rosso

Cablaggio generale dell'esperimento.

Si utilizzano due fili per far passare il segnale attraverso l'acqua.

Estraendo un filo dall'acqua cessa la trasmissione.

Il contatore si utilizza per verificare che ci sia trasmissione.

Esperimento completato.

uscita è utilizzata tramite una resistenza di protezione da 1 K. Questa resistenza si adotta per limitare la corrente di uscita, affinché la si possa anche cortocircuitare.

All'ingresso del contatore si collega una porta NAND, con i suoi due ingressi uniti per fare in modo che funzioni come una porta invertente; l'uscita di questa porta si collega a un diodo LED con la relativa resistenza di limitazione di corrente.

L'ingresso di questa porta NAND si collega all'uscita di questo oscillatore astabile costruito con il 555 e con i suoi componenti associati.

L'ingresso di questa porta NAND è a livello alto, quindi la sua uscita in questo caso è a livello basso.

Montaggio

Il montaggio non presenta particolari difficoltà, bisogna però rispettare la polarità del condensatore elettrolitico C1 e quella del diodo LED A. Il recipiente per l'acqua può essere di piccole dimensioni, e se vogliamo migliore la sua conduttività potremo aggiungere una piccola quantità di sale da tavola. Sia i componenti montati sulla scheda Bread Board, che il contatore possono essere alimentati indistintamente a 5 e 9 V, però tutti alla stessa tensione.

Funzionamento

Nel momento in cui la punta dei due fili è inserita nell'acqua si possono verificare due stati, quando l'uscita è a livello basso, in questo caso questo livello basso farà abbassare il livello di tensione applicato all'ingresso della porta e se diminuisce al disotto di un certo livello verrà interpretato come uno zero e la sua uscita passerà a livello alto, applicando un impulso all'ingresso di clock del contatore.

Quando si origina un impulso sale il livello e all'ingresso della porta si applica un livello alto e la sua uscita quindi passa a livello basso. Quest'ultimo caso succede anche se si toglie dall'acqua il filo che va all'ingresso della porta, dato che in questo caso la resistenza R4 da 1 M porterà a livello alto l'ingresso stesso, obbligando così l'uscita a passare a livello basso e a spegnere il LED. Quando si immerge il filo nell'acqua si può vedere che il LED lampeggia, e quindi il contatore avanza. Possiamo verificare che se uniamo i fili succede esattamente la stessa cosa, deduciamo quindi che i liquidi si possono utilizzare per trasmettere dati.

Capacimetro sperimentale

Grazie a questo circuito potremo provare a mettere in pratica l'idea di costruire un semplice strumento, basato su un contatore che utilizzato secondo un preciso criterio misura la capacità di un condensatore.

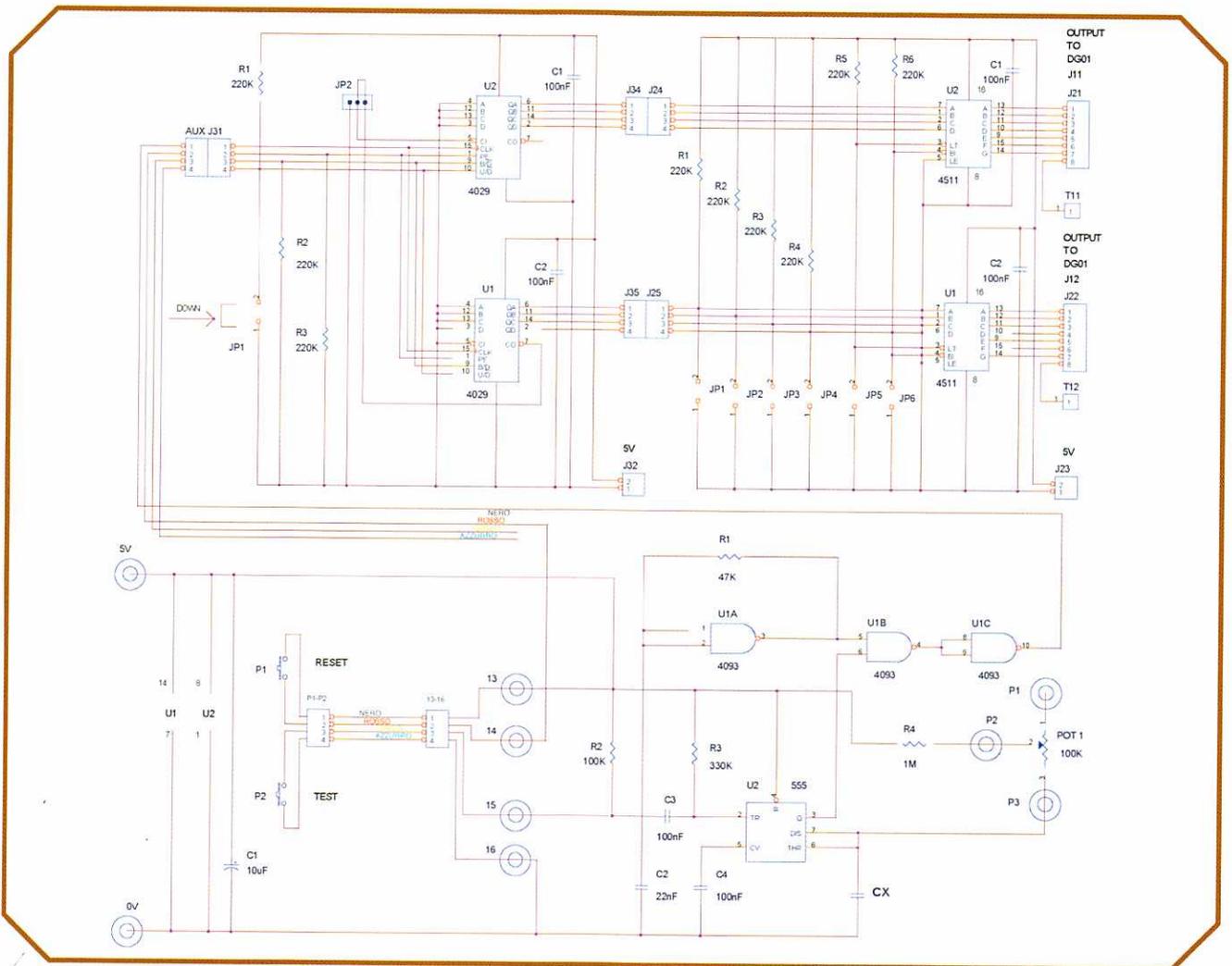
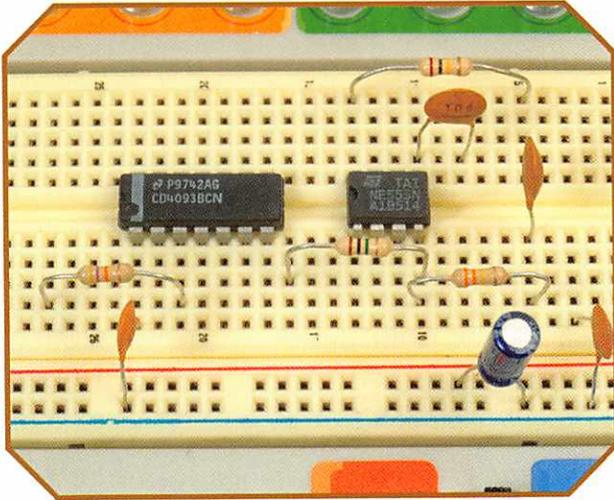
Il circuito

Questo circuito è piuttosto rudimentale e manca di elementi di regolazione e correzione, si può utilizzare solamente con lo scopo di dimostrare il principio su cui si basa.

Un circuito oscillatore applica degli impulsi all'ingresso del clock di un contatore per una "finestra" di tempo, e questa "finestra" di tempo dipende dalla capacità di misurare.

Per realizzare un circuito con un basso numero di componenti, limiteremo la misura a condensatori tra 10 e 99 nF.

Lo schema

Osservando lo schema, vediamo che la porta U1A è un oscillatore astabile, con una frequenza teorica di 1 kHz. A questa frequenza lo dovremo regolare variando il valore di R1

Schema elettrico.

Scheda Bread Board con i componenti.

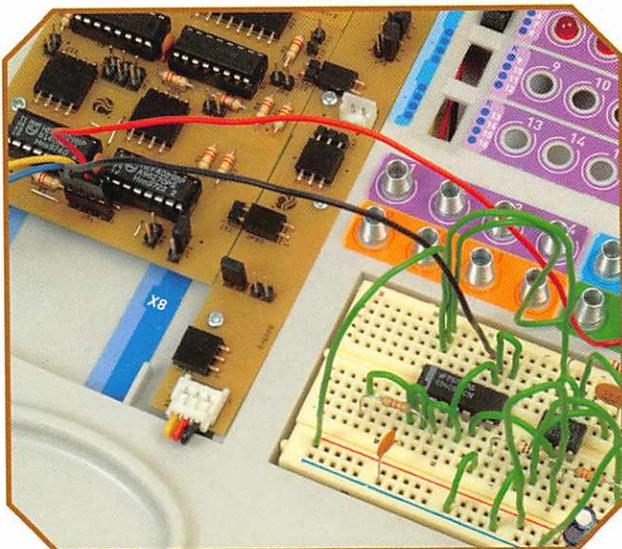
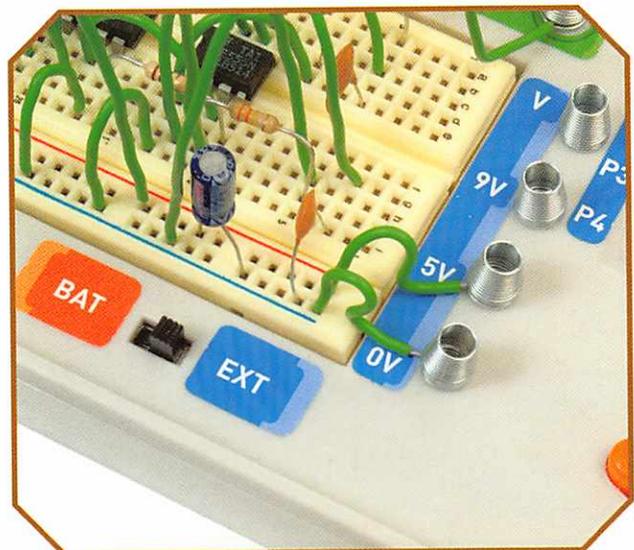
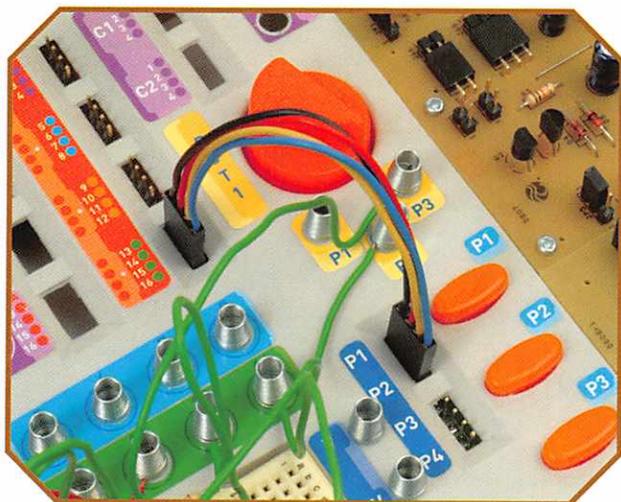
Cablaggio interno della scheda.

per ottenere risultati precisi, l'uscita dell'oscillatore si applicherà alla porta U1B, questa porta è quella che permette o impedisce agli impulsi generati di arrivare al contatore. Questo controllo si realizza grazie a un monostabile formato da un circuito integrato 555, U2 nello schema. Il tempo in cui questa porta è "aperta" dipende dalla durata dell'impulso del monostabile, in altre parole dal tempo in cui un livello alto verrà applicato al terminale 6, ingresso di U1B.

Questo tempo è proporzionale alla capacità del condensatore, collegato al riferimento CX dello schema.

L'idea è di ottenere un tempo del monostabile di tanti millisecondi quanti sono i nanofarad da misurare. Questo lo si può ottenere con il potenziometro di regolazione, nel caso in cui il margine di regolazione di POT1 non fosse sufficiente, sarà necessario cambiare il valore di R4. In realtà l'obiettivo non è costruire uno strumento di misura di precisione, ma verificare il suo principio di funzionamento.

Montaggio

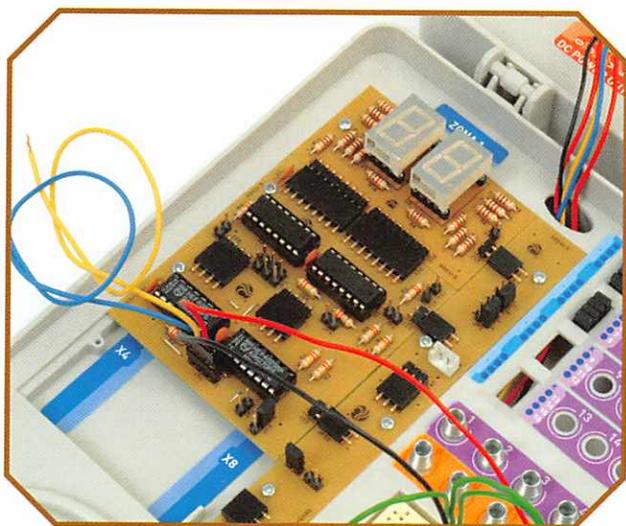
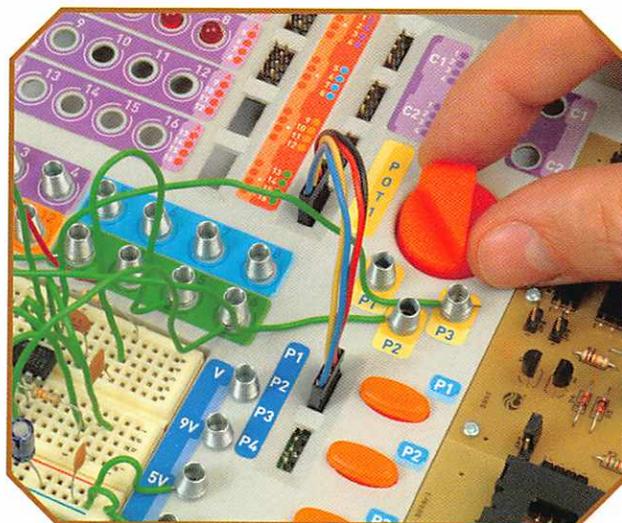
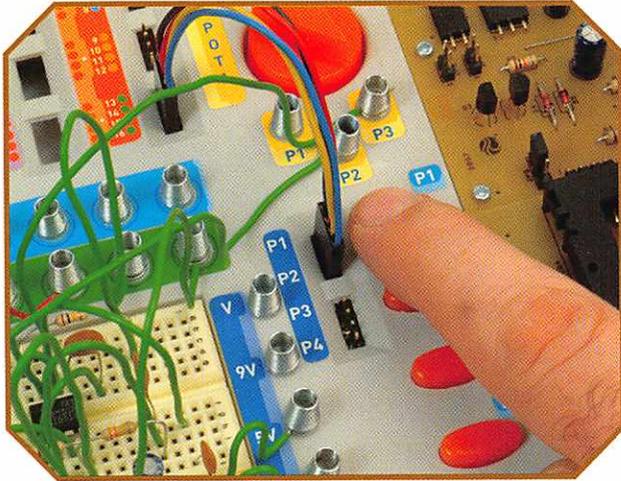
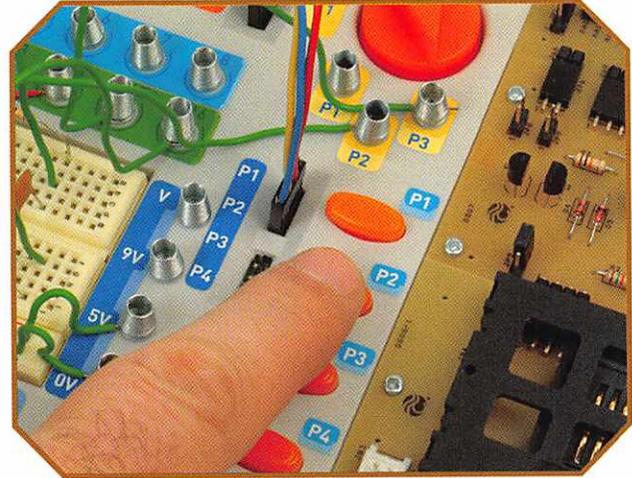
Il montaggio si esegue come d'abitudine, osservando lo schema e lavorando con pazien-

Collegamenti a J31 di DG03.

Collegamenti di alimentazione.

Collegamento ai pulsanti di RESET e TEST.

Il condensatore da misurare si collega nella posizione CX.

za per non commettere errori. Inizieremo dal montaggio dei componenti sulla scheda Bread Board, tenendo presente l'orientamento dei circuiti integrati e quello del condensatore elettrolitico C1. Il collegamento all'ingresso del condensatore si esegue con un cavetto terminato su un connettore a quattro vie, mentre il collegamento dei pulsanti si realizza grazie alle molle dalla 13 alla 16, utilizzando un cavetto a quattro fili terminato da entrambe le parti su dei connettori da quattro vie. È necessario collegare anche le alimentazioni dei circuiti integrati che sono indicate nella zona sinistra dello schema, per fare in modo che il contatore conti le decine.

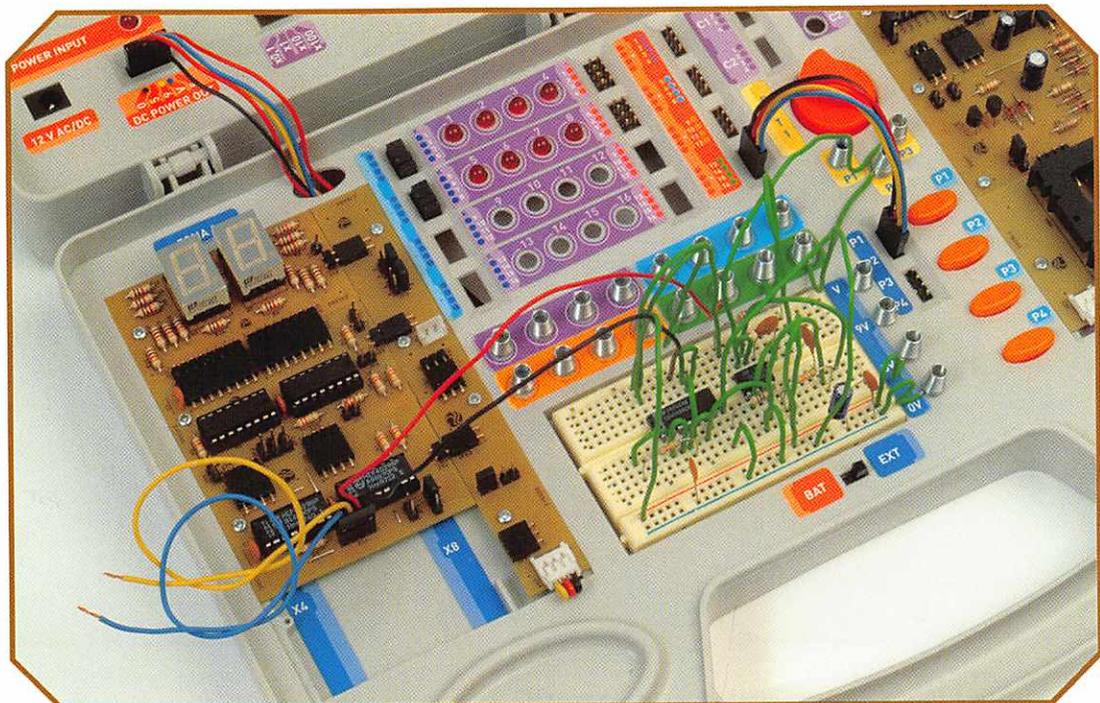
Funzionamento

Dopo aver verificato che tutto il montaggio sia stato realizzato correttamente, sarà possibile collegare l'alimentazione che potrà essere da 5 o 9 V, sia per il contatore che per il resto dei dispositivi, in ogni caso la stessa per tutto l'insieme.

Con il pulsante P1 si imposta il contatore a 0 e premendo P2 e rilasciandolo inizia la misura e il contatore si fermerà su di un valore,

Il valore della capacità misurata si leggerà sul contatore.

Con il POT1 si regola la lettura.

Il pulsante P1 si utilizza come RESET.

Il pulsante P2 indicato nello schema come TEST, si utilizza per eseguire la misura.

si monta un condensatore da 22 nF, ad esempio, nella posizione CX e si regola con POT1 fino a quando la lettura sul contatore sarà 22. Ricordiamo che non si tratta di uno strumento di precisione, prima abbiamo parlato del principio di funzionamento e di come si potrebbe ottenere un funzionamento più preciso se si potesse disporre di una strumentazione da utilizzare per le misure di riferimento.

LISTA DEI COMPONENTI

U1	Circuito integrato 4093
U2	Circuito integrato 555
R1	Resistenza 47 K (giallo, viola, arancio)
R2	Resistenza 100 K (marrone, nero, giallo)
R3	Resistenza 330 K (arancio, arancio, giallo)
R4	Resistenza 1 M (marrone, nero, verde)
C1	Condensatore 10 µF elettrolitico
C2	Condensatore 22 nF
C3, C4	Condensatore 100 nF

Laboratorio con l'esperimento completato.

Esercizio 12: moduli di modulazione di ampiezza degli impulsi PWM, il programma

Un'altra delle funzioni del modulo CCP è quella della modulazione di ampiezza degli impulsi PWM. Nell'esercizio che proponiamo è presentato un semplice esempio in cui si sviluppa questa funzione.

Introduzione

La modulazione di ampiezza degli impulsi ha svariate applicazioni. Si tratta di poter controllare l'ampiezza di un impulso di un'onda quadra. In questo modo, conoscendo la frequenza dell'onda, possiamo grazie a essa trasportare informazioni (FM frequenza modulata) o esercitare un determinato controllo su di un dispositivo, come ad esempio un motore.

Nell'immagine della figura possiamo vedere come partendo da un'onda quadra con ampiezza di impulso costante (onda portante), quando la si modula usando un'onda sinusoidale, otteniamo un'onda quadra modulata in cui l'ampiezza dell'impulso è variabile in funzione dell'onda sinusoidale. Se compariamo l'onda risultante con la portante, possiamo vedere le differenze fra la durata degli impulsi e interpretarle, ottenendo un'informazione.

Enunciato

Vogliamo generare un segnale ad onda quadra sulla linea R2/CCP1 il cui periodo si possa modificare, così come l'ampiezza del circuito (Duty Cycle).

Il periodo (T) e la durata dell'impulso "Duty Cycle" (d) si determinano seguendo le formule della figura.

L'esercizio che viene presentato come esempio di soluzione e che nel secondo CD ha il nome di "ese12.asm", utilizza il modulo CCP1 con uscita del segnale sulla linea RC2/CCP1. Il segnale di uscita ha un periodo di 4 ms, dato che viene fissato il predivisore a 16 e il registro dei periodi si carica con il valore 250. L'ampiezza del ciclo "Duty" è variabile, e si determina in base al valore binario degli interruttori RB0-RB7.

$T = (PR2 + 1) \cdot 4 \cdot T_{OSC} \cdot \text{TMR2 Predivisore}$

$d = (CCPR1L : CCPCON1 < 5 : 4 >) \cdot T_{OSC} \cdot \text{TMR2 Predivisore}$

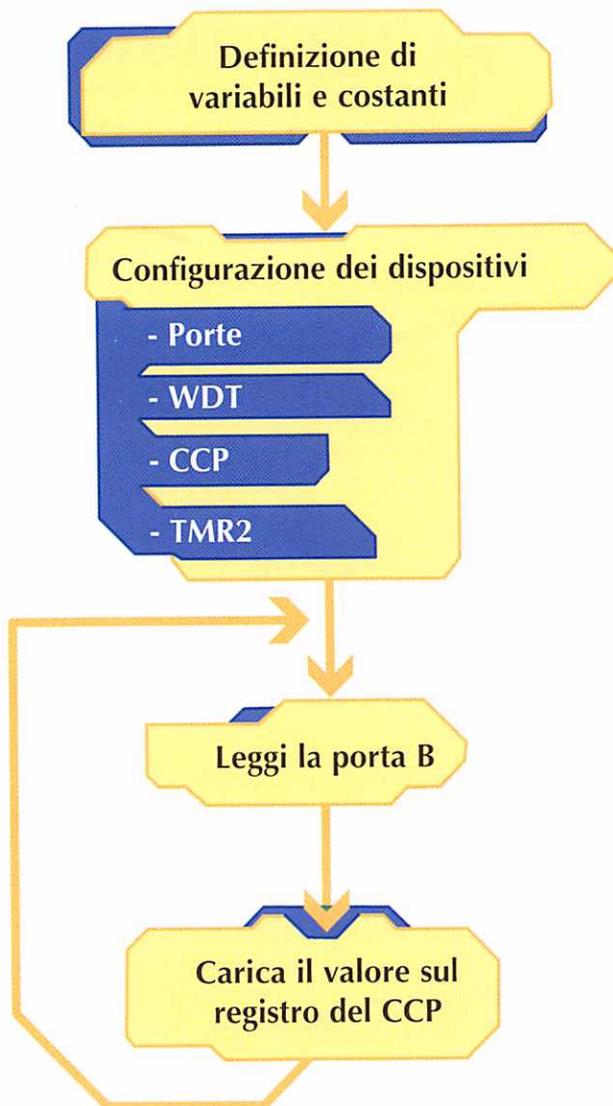
Formule per calcolare il periodo e la durata dell'impulso.

Modulazione PWM.

Organigramma

Per risolvere l'enunciato dobbiamo ricorre alla teoria e tener presente quali sono i registri che intervengono nel modo PWM e come lavorare con essi. Prima di iniziare a programmare, dobbiamo plasmare la forma che avrà il codice in un organigramma.

Codice

Utilizzando come base l'organigramma della figura inizieremo a progettare il codice e il miglior mo-

Organigramma dell'applicazione.

do di iniziare è inserire l'enunciato dell'applicazione sotto forma di commenti, nel file ".asm". In questo modo risponderemo a ciò che esegue il programma. Continuiamo intestando il programma con la definizione del processore, la libreria dei registri e le direttive di organizzazione della memoria.

Inizieremo il programma nell'etichetta Inizio, pulendo i possibili valori residui sulle porte che utilizzeremo come uscita. Configureremo le porte che useremo: Porta B come ingresso e pin RC2 come uscita. Configureremo il WDT nel registro OPTION_REG. Dobbiamo ricordare che WDT va utilizzato ogni volta che il programma comprende un ciclo infinito, per evitare che il microprocessore si inceppi.

Poiché nell'enunciato si chiede che il periodo si possa scegliere, definiremo una costante con il nome Periodo, che nell'esempio prende il valore di 250. Questa costante verrà scritta nel registro dei periodi PR2.

In ultimo, per quanto riguarda le configurazioni, programmeremo il modulo CCP in modo PWM e attiveremo il TMR2, che è il temporizzatore associato a questo modo.

A questo punto abbiamo tutti i dispositivi debitamente configurati, non ci rimane quindi che leggere il valore degli ingressi e passare quest'ultimo al registro che determina l'ampiezza dell'impulso (CCPR1L). Questo viene eseguito in modo ciclico, all'interno di un ciclo, in modo che si possa modificare l'ampiezza di un impulso in qualsiasi momento.

Utilizzeremo una variabile chiamata Tem-

```
;       ESERCIZIO: Moduli CCPx in modo PWM. Modulazione dell'ampiezza degli impulsi.
;      ----------------------------------------------------------------------
;
;
;Consiste nel generare un segnale ad onda quadra sulla linea RC2/CCP1 il cui periodo può
;essere modificato, così come l'ampiezza dell'impulso (Duty Cycle). Il periodo si determina con la
;formula T=(PR2+1)*4*Tosc*TMR2 prescaler. La durata dell'impulso, o "Duty Cycle" (d), si deter-
;mina con d=(CCPR1L:CCPCON1<5:4>)*Tosc*TMR2 prescaler.
;
;L'esempio utilizza il modulo CCP1, l'uscita del segnale è mandata sulla linea RC2/CCP1 e il prescaler
;vale 16. Il segnale di uscita ha un periodo di 4 ms. L'ampiezza del ciclo "Duty"  è variabile
;e si determina in base al valore binario degli interruttori RB0-RB7.
;

            List     p=16F870          ;Tipo di processore
            include  "P16F870.INC"     ;Definizione dei registri interni

            org      0x00              ;Vector di Reset
            goto     Inizio

            org      0x05              ;Salva il vector di interrupt
```

Intestazione del programma.

```
;Programma principale

Inizio          clrf    PORTC           ;Cancella le uscite
                bsf     STATUS,RP0      ;Seleziona il banco 1
                movlw   b'00000110'
                movwf   ADCON1          ;Porta A I/O digitali
                movlw   b'11111111'
                movwf   TRISB           ;Porta B si configura come ingresso
                movlw   b'11111011'
                movwf   TRISC           ;RC2 uscita
                movlw   b'11101111'
                movwf   OPTION_REG      ;Prescaler di 128 associato al WDT
                movlw   Periodo-1
                movwf   PR2             ;Carica il registro dei periodi
                bcf     STATUS,RP0      ;Seleziona banco 0

;Il modulo CCP1 funziona in modo PWM con uscita del segnale su RC2/CCP1

                movlw   b'00001100'
                movwf   CCP1CON

;Il TMR2 lavora con un prescaler 1:16 quindi a una frequenza di 4 MHz evolve
;ogni 16 µS ((4*Tosc)*16)

                movlw   b'00000111'
                movwf   T2CON           ;T2 a On
```

Codice in cui si configurano tutti i dispositivi.

porale, come semplice contenitore temporale del valore degli ingressi.

Abbiamo utilizzato una costante e una variabile, le dobbiamo quindi definire all'inizio del programma, prima delle direttive ORG. Nelle figure possiamo verificare come si sviluppano tutte le fasi del codice.

Compilazione

Dobbiamo verificare che il codice che abbiamo confezionato non abbia errori, a questo scopo lo do-

```
Loop        clrwdt                      ;Aggiorna il WDT
            movf    PORTB,W
            movwf   Temporale           ;Carica il valore determinato da RB0-RB7
            movwf   CCPR1L              ;Carica l'ampiezza dell'impulso (n*Prescaler di 16)
            goto    Loop                ;Ciclo infinito

            end                         ;Fine del programma sorgente
```

Ciclo infinito in cui leggiamo il valore degli ingressi.

```
                List     p=16F870       ;Tipo di processore
   Variabile    include  "P16F870.INC"  ;Definizione dei registri interni
Temporale       equu     0x20           ;Variabile temporale
Periodo         equ      .250           ;Periodo de 250*Prescaler di 16 (4 mS)
   Costante     org      0x00           ;Vector di Reset
                goto     Inizio

                org      0x05           ;Salva il vector di interrupt
```

Definizione delle costanti e delle variabili utilizzate.

```
Build Results
Building ESE12.HEX...

Compiling ESE12.ASM:
Command line: "D:\PROGRA~1\MPLAB\MPASMWIN.EXE /p16F870 /q C:\PROGRA~1\MPLAB\PROGET~1\ESE12.ASM"
Message[302] C:\PROGRA~1\MPLAB\PROGET~1\ESE12.ASM 31 : Register in operand not in bank 0.  Ensure
Message[302] C:\PROGRA~1\MPLAB\PROGET~1\ESE12.ASM 33 : Register in operand not in bank 0.  Ensure
Message[302] C:\PROGRA~1\MPLAB\PROGET~1\ESE12.ASM 35 : Register in operand not in bank 0.  Ensure
Message[302] C:\PROGRA~1\MPLAB\PROGET~1\ESE12.ASM 37 : Register in operand not in bank 0.  Ensure
Message[302] C:\PROGRA~1\MPLAB\PROGET~1\ESE12.ASM 39 : Register in operand not in bank 0.  Ensure

Build completed successfully.
```

Risultato della compilazione.

vremo compilare mediante MPLAB. Creeremo un progetto che editeremo per poter includere al suo interno, il nostro file di codice e selezioneremo l'opzione di assemblaggio e compilazione: Build All.

Il risultato della compilazione è visualizzato nell'immagine della figura.

Come potete verificare il compilatore ci dà i tipici messaggi di posizione riferiti ai banchi di memoria dei registri, però questi messaggi non indicano errori all'interno del programma. Nel caso in cui la compilazione rilevi degli errori, li dovremo risolvere uno ad uno con l'aiuto offerto dal compilatore, dato che verrà indicata sia la linea di errore che la sua natura.

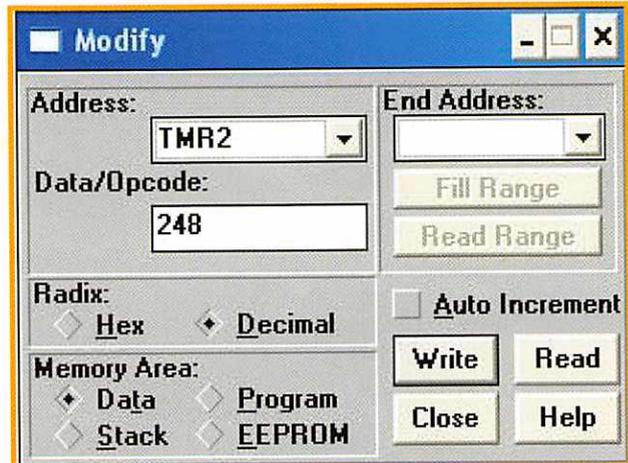
Simulazione

Dopo aver compilato il programma con successo passeremo a simularne il funzionamento. Dobbiamo aprire la finestra dei Registri delle Funzioni Speciali e una finestra dove po-

Forziamo il valore del registro TMR2 per rendere più agile la simulazione.

Asynchronous Stimulus Dialog
RB0 (P) RB1 (P) RB2 (P) RB3 (P)
RB4 (P) RB5 (P) RB6 (P) RB7 (P)
Stim 9 (P) Stim 10 (P) Stim 11 (P) Stim12 (P)
Close Help

Finestra di visualizzazione dei registri più importanti.

ter avere un rapido accesso visivo ai registri di uscita e a quelli di ingresso. Il miglior modo di visualizzare questi registri sarà in binario, quindi dovremo cambiare il modo di rappre-

Possiamo simulare gli ingressi mediante il simulatore di stimoli.

sentazione nelle proprietà dei registri. Per simulare gli ingressi che determineranno l'ampiezza degli impulsi dobbiamo utilizzare il simulatore di stimoli (Debug → Simulator Stimulus → Asynchronous Stimulus) in modo da assegnare a ogni pin della porta B uno stimolo. Realizzeremo questo, cliccando con il pulsante destro del mouse su ogni pulsante e scegliendo l'opzione Assign Pin.

Inizieremo a simulare passo a passo premendo il pulsante F7. Quando arriveremo al ciclo finale potremo vedere come cambia l'uscita, ma per realizzare una corretta simulazione dovremo cambiare i valori di ingresso passando alcuni stimoli a High. Dovremo cliccare sul pulsante destro sul pin che vogliamo modificare e scegliere l'opzione High, in modo che quando si desidera cambiare valore, cioè fare in modo che lo stimolo diventi effettivo, sarà sufficiente cliccare sul pulsante sinistro di questo pin.

Dato che per poter visualizzare una variazione sull'uscita dovremo attendere che il temporizzatore TMR2 raggiunga il suo valore di conteggio, potremo forzare quest'ultimo mediante la finestra Modify. In questo modo renderemo più agile il processo di simulazione. Nell'immagine della figura possiamo vedere un esempio di come forzare il valore del temporizzatore.

Possiamo verificare come la simulazione del codice presentata come esempio risulti soddisfacente, quindi siamo pronti per la fase di scrittura e montaggio.